



TESIS - SF 142502

**SIMULASI DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP
DIPOLE DENGAN *LENGTH SHIFTER* SEBAGAI
PENGUBAH FREKUENSI**

RUDI WIBOWO
1111 201 902

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN OPTOELEKTRONIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



TESIS SF 142502

SIMULATION AND FABRICATION DIPOLE MICROSTRIP ANTENNA WITH LENGTH SHIFTER FOR FREQUENCY CHANGER

**RUDI WIBOWO
1111 201 902**

**Advisor
Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng**

**MAGISTER PROGRAM
OPTOELECTRONIC
DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015**

**Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister
Sains (M.Si)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**oleh:
Rudi Wibowo
NRP. 1111 201 902**

**Tanggal Ujian : 16 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015**

Disetujui Oleh :

**1. Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng
NIP. 19690904199203 1 003**

(Pembimbing)

(.....)

2. Prof. Mahmud Zaki, M.Sc

(Penguji I)

(.....)

**3. Endarko, M.Si., Ph.D
NIP. 19741117199903 1 001**

(Penguji II)

(.....)

Direktur Program Pascasarjana



**Prof. Dr. Ir. Sidi Soeprijanto, MT
NIP. 19640405 199002 1 001**

SIMULASI DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP DIPOLE DENGAN *LENGTH SHIFTER* SEBAGAI PENGUBAH FREKUENSI

Nama : Rudi Wibowo
NRP : 1111 201 902
Pembimbing : Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng

ABSTRAK

Dalam microstrip antenna, bentuk dan ukuran geometri antenna sangat berpengaruh dalam menentukan besaran pada antenna tersebut seperti panjang dan lebar. Antenna yang dipakai adalah desain antenna mikrostrip dipole *double slide* terbalik. Dengan memanipulasi panjang dipole menggunakan penggeseran pada slide kedua maka akan terjadi perubahan frekuensi kerja secara teratur. Dalam penerapannya antenna ini dapat digunakan pada rentang 2.2 - 3.5 GHz sebagai penerapan sinyal GSM, *wireless*, hingga 3G.

Keyword: Mikrostrip, *Doble Slide*, Frekuensi

SIMULATION AND FABRICATION DIPOLE MICROSTRIP ANTENNA WITH LENGTH SHIFTER FOR FREQUENCY CHANGER

Name : Rudi Wibowo
NRP : 1111 201 902
Supervisor : Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng

ABSTRACT

In microstrip antenna, the antenna geometry shapes and sizes are very influential in determining the magnitude of the antenna such as length and width. Used antenna is a dipole microstrip antenna with negative double slider. By manipulating the dipole length by using the shift on the second slide will occur regularly changing frequencies. The application, this antenna can be used in the range of 2 - 3.3 GHz as the application of GSM, wireless, and 3G signal.

Keyword: Microstrip, Double Slider, frequency

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan nikmat yang telah diberikan. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW. Karena atas limpahan rahmat serta hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “**Simulasi dan Fabrikasi Antenna Mikrostrip Dipole dengan *Length Shifter* Sebagai Pengubah Frekuensi**” tepat pada waktunya.

Banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan yang istimewa ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak dan Ibu di rumah yang selalu memanjatkan do'anya setiap saat untuk kesuksesan anak anaknya. Kami slalu menyayangimu.
2. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng selaku dosen pembimbing atas semangat, motivasi, bimbingan, dan sarannya.
3. Bapak Prof. Mahmud Zaki, M.Sc dan Bapak Endarko, M.Si. Ph.D selaku dosen penguji yang memberikan arahan atas selesainya tesis ini. Bapak
4. Bapak Prof. Dr. Agus Rubianto. M.Sc. yang telah membimbing baik secara mental dan materi.
5. Seluruh dosen dan civitas akademika jurusan Fisika ITS atas ilmu yang telah diberikan selama ini. Semoga bisa menjadi ilmu yang bermanfaat.
6. Teman-teman pasca sarjana fisika ITS dan yang sudah banyak memberi dukungan dan inspirasi.
7. Ibu kos yang selalu memasak sarapan pagi.
8. Teman-teman kos Keputih Utara 69 , Mastuki, Eko, Yasin, Anwar, dll
9. Teman teman Lab Optoelektronika Jurusan Fisika ITS. Rizqa, Tutik, dll
10. Mas ghofar yang selalu menyemangati
11. KaLab Laboratorium jaringan lantai 4 Teknik Electro ITS.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun akan sangat diharapkan untuk perbaikan selanjutnya. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat untuk para pembacanya. Aamiin.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Judul	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antenna	5
2.1.1 Teori Garis transmisi Untuk Pencatu Daya	5
2.1.2 Antenna Mikrostrip	8
2.2 Parameter Antenna	10
2.2.1 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)	10
2.2.2 Return Loss (RL)	11
2.2.3 Bandwidth	11
2.2.4 Pola Radiasi	13
2.2.5 Gain	14
2.2.6 Directivity	15
2.4 Antenna Mikrostrip Dipole	15

2.3 Simulasi Gelombang Electromagnetik pada Antena	17
2.4.1 Finnite Different Time Domain (FDTD)	17
2.4.2 Finnite Integral Tecnique (FIT)	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Prosedur Penelitian	21
3.2 Proses Desain antenna dipole	22
3.3 Modifikasi Desain untuk Meningkatkan Performa Antenna Dipole	22
3.4 Modifikasi Double Slider unruk Konfigurasi Pengubah Frekuensi	22
3.5 Pembandingan Desain Normal dan Hasil Modifikasi	23
3.6 Pembuatan Antenna Dipole	23
3.7 Pembandingan Hasil Simulasi Dan Pengukuran	24
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Geometri Antenna Mikrostrip Dipole	25
4.2 Geometri Antenna Mikrostrip Dipole Termodifikasi dan Pembuatanya	26
4.3 Pembuatan Antenna dan Hasil uji Laboraturium	27
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	34
BIODATA PENULIS	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Parameter Subtrak	25
Tabel 2	Parameter Geometri Antena Mikrostrip Dipole	26
Tabel 3	Parameter Geometri Antena Mikrostrip Dipole Termodifikasi	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Saluran Transmisi dengan Impedansi Karakteristik Z_0 yang berujung dengan beban Impedansi	5
Gambar 2.2 Struktur antenna mikrostrip	9
Gambar 2.3. <i>Bandwidth</i> antena	12
Gambar 2.4. (a) antenna dipole terbuat dari tongkat logam	16
(b) antenna dipole Mikrostrip	16
Gambar 2.5 grafik return loss antenna dipole microstrip dengan panjang dipole 40mm dan lebar 4 mm yang bekerja pada frekuensi 2.4 Ghz	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Skema fabrikasi antenna dipole	23
Gambar 4.1 Geometri antenna mikrostrip dipole	25
Gambar 4.2 Antenna mikrostrip dipole termodifikasi	26
Gambar 4.3. Hasil Perbandingan Pegukuran antenna mikrostrip dipole termodifikasi dengan Hasil simulasi menggunakan CST pada $L = 38$ mm	28
Gambar 4.4. Grafik returnloss hasil pengukuran antenna mikrostrip dipole termodifikasi dengan variasi penggeseran.	29
Gambar.4.5 Grafik hubungan panjang dipole dengan frekuensi pada returnloss minimum dari karakteristik antenna	30
Gambar.4.6 Grafik VSWR pada Antenna termodifikasi pada masing - masing variasi pergeseran	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi berjalan dengan sangat cepat dan dinamis, Salah satunya adalah teknologi *wireless*. Contoh sederhananya adalah penggunaan *internet* dan *handphone*. Ini menjadi salah satu bukti dari perkembangan teknologi komunikasi *wireless* tersebut. Penggunaan *internet* dan *handphone* semakin bertambah dari tahun ke tahun dan semakin dibutuhkan. Pada tahun 2011 menurut data badan telekomunikasi PBB Hamadoun Toure sudah mencapai 2 Milyar, dengan kata lain lebih dari sepertiga penduduk dunia sudah menggunakan internet (Atika 2012). Berdasarkan data dari Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet (APJII) pertumbuhan pengguna Internet di Indonesia dari tahun 1998 hingga 2015 meningkat sebesar 500 kali lipat.

Perkembangan yang cepat dan dinamis tersebut berdampak pula pada pengembangan *device* pendukung komunikasi tersebut seperti antena, *waveguide*, sistem transmisi, dan lain sebagainya. Salah satu pengembangan *device* yang sampai sekarang masih menjadi topik riset yang dinamis adalah antena. Jenis antena yang sejak tahun 1950-an sampai sekarang masih dikembangkan adalah antena mikrostrip. Hal ini karena antena mikrostrip memiliki beberapa kelebihan, yaitu berat yang relatif ringan, struktur yang sederhana, fabrikasi yang mudah, relatif murah namun mampu memberikan unjuk kerja yang cukup baik (Elsadek 2005).

Dalam penjalaran gelombang elektromagnetik, daya atau energy yang dipancarkan dari sebuah antena akan mengalami pelemahan energy yang diakibatkan jarak yang ditempuh, serta keadaan media yang dilaluinya juga sangat berpengaruh. Untuk mengurangi pelemahan ini maka diperlukan nilai gain yang tinggi dan return loss yang rendah. Selain itu impedansi juga

berpengaruh dalam pencatutan antara antenna dan kabel agar efek buruk ini tidak terjadi (Yang and Ng Mou Kehn 2013).

Pada Penelitian ini akan dibuat *dipole microstrip antenna* Pada subtract FR-4 dengan batas permitivitas bahan antara $4.1 < \epsilon_r < 4.6$ dan lempengan tembaga sebagai media transmisi antenanya. Antenna dipole banyak dikembangkan dan digunakan dalam media transmisi. Penelitian sebelumnya antenna dipole dikembangkan ke arah *ultrarawideband dipole* (Deepak 2014) dan *dualband dipole* (Wen-Xing 2012). Pada percobaan yang akan dilakukan adalah dengan memanipulasi panjang dari dipole antenna yang diharapkan akan mampu memperoleh frekuensi kerja yang berbeda-beda. Frekuensi kerja ini yang digunakan nantinya akan sangat penting dalam media telekomunikasi.

Teknik penggeseran frekuensi ini dahulu pernah dilakukan dengan cara mengubah letak *feeding* dengan memutar antenna dan berhasil berinterferensi dengan baik (Tawfik 2011). Fabrikasi antenna tersebut mampu menggeser frekuensi 5.3 – 9.15 GHz dan 3.4-4.85 GHz. Teknik lain adalah dengan menggunakan komponen diode Sebagai Switching. Dioda merupakan sebuah komponen semikonduktor yang beroperasi sebagai resistor variabel pada rangkaian radio frekuensi dan microwave. Kelebihan dioda pin terletak pada ukurannya yang kecil serta kecepatan switching yang sangat tinggi, sehingga cocok diimplementasikan pada antenna mikrostrip dengan frekuensi. Parameter kinerja dioda pin sendiri diukur dengan membandingkan ketika antenna diberikan dioda, tanpa dioda, atau dioda diekivalensikan dengan sebuah patch. Dengan begitu, dapat diukur pembebanan yang telah diberikan oleh dioda pin sendiri yang mempengaruhi parameter kinerja antenna. Dengan cara ini proses switching frekuensi kerja dari 2400 ke 1800 MHz dapat dilakukan (Ryanu 2011).

1.2 Rumusan Masalah

Berkaitan dengan masalah tersebut diatas perlu dilakukan analisa pada desain antenna dipole biasa dan dengan modifikasi doble slide serta penjalaran gelombang elektromagnetiknya sehingga diperoleh desain dan karakteristik antenna yang diinginkan.serta perbandingan antara simulasi dan fabrikasi antenna.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada dalam penelitian ini terdapat pada modifikasi serta analisa karakteristik pada antenna yang dibuat serta perbandingan antara analisa secara simulasi dan fabrikasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan dugaan karakteristik antenna dengan hasil simulasi FIT dan FDTD sebelum dilakukan fabrikasi.
2. Menganalisa pengaruh Penambahan Slider pada antenna dengan simulasi FIT dan FDTD.
3. Menganalisa Karakteristik Antenna Dengan membandingkan hasil simulasi dan hasil uji laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah selesainya penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pengetahuan tentang antenna jenis dipole ini sebagai penggeser frekuensi begitu juga dengan karakteristik antenna. Untuk selanjutnya juga dapat dikembangkan lebih jauh lagi dengan desain antenna yang berbeda tetapi dengan teknik penggeseran yang sama.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

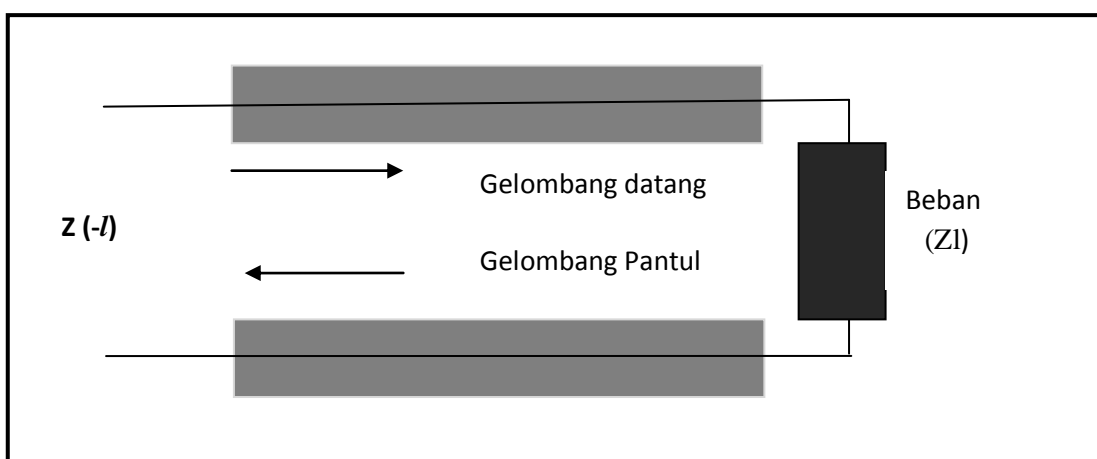
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antenna

Antena merupakan piranti yang sangat penting pada sistem komunikasi yang berfungsi meradiasikan atau menerima gelombang elektromagnetik. Teknologi komunikasi tersebut memerlukan antena yang praktis, relatif ringan, murah, dan memiliki *gain* yang tinggi dan pola radiasi yang sesuai dengan kebutuhan. Beberapa aplikasi yang menggunakan komunikasi nirkabel adalah koneksi WiFi yang dipasang pada *notebook*, PDA, telepon selular, *bluetooth*, dan lain sebagainya (Mufadliyah 2007).

2.1.1 Teori Garis Transmisi Untuk Pencatuan Daya

Garis transmisi adalah suatu alat untuk menyalurkan atau mengirimkan energi elektromagnetik dari satu titik ke titik lain. Energi elektromagnetik pada saat disalurkan akan berkurang karena berubah bentuk menjadi panas atau radiasi. Antenna merupakan suatu system yang dapat mentransfer energi.



Gambar 2.1. Saluran Transmisi dengan Impedansi Karakteristik Z_0 yang berujung dengan beban Impedansi Z_l (Kraus. 1985)

Pada gambar 2.1 gelombang yang bergerak ke kanan disebut gelombang datang dan yang bergerak ke kiri disebut gelombang pantul. Secara konvensional titik asal $Z = 0$ ditempatkan pada beban (Hund 1989). Tegangan total terjadi bila gelombang datang dan gelombang pantul bergabung dalam satu fase. Tegangan dalam saluran transmisi dapat dituliskan :

$$V(z) = V_i e^{-jkz} + V_r e^{jkz} \quad (2.1)$$

$$V(z) = V_i (e^{-jkz} + \Gamma e^{jkz}) \quad (2.2)$$

Dengan:

$V(z)$ = Tegangan pada saluran transmisi

V_i = Tegangan pada gelombang datang

V_r = Tegangan pada gelombang pantul

Γ = koefisien pantul

Koefisien pantul didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan pada gelombang pantul dan pada gelombang datang.

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_p} \quad (2.3)$$

Sedangkan arus pada saluran transmisi adalah

$$I(z) = \frac{1}{Z_0} V_i (e^{-jkz} + \Gamma e^{jkz}) \quad (2.4)$$

Impedansi $Z(z)$ pada beberapa titik z pada saluran transmisi dirumsuskan sebagai berikut:

$$Z_L = Z_0 \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} \quad (2.5)$$

Dari persamaan (2.5) diperoleh hubungan koefisien pantul dan impedansi beban yaitu:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.6)$$

Pada rangkaian terhubung singkat, $Z_L = 0$ dapat diperoleh dari persamaan (2.6) diperoleh koefisien pantul $\Gamma = -1$ dan $V_r = -V_i$, artinya tegangan berubah tanda pada pantulan dan merambat kembali sepanjang saluran. Dari gambar 2.1 bila $Z = -l$, impedansinya dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Z(z = -l) &= \frac{V(-l)}{I(-l)} \\ &= Z_0 \frac{(e^{-jkz} + \Gamma e^{jkz})}{(e^{-jkz} - \Gamma e^{jkz})} \\ &= Z_0 \frac{(Z_L + Z_0)e^{jkz} + (Z_L - Z_0)e^{-jkz}}{(Z_L + Z_0)e^{jkz} - (Z_L - Z_0)e^{-jkz}} \\ &= Z_0 \frac{Z_L 2 \cos(kl) + Z_0 2j \sin(kl)}{Z_L 2j \sin(kl) + Z_0 2 \cos(kl)} \\ Z(z = -l) &= Z_0 \frac{Z_L + j Z_0 \tan(kl)}{Z_0 + j Z_L \tan(kl)} \quad (2.7) \end{aligned}$$

Dengan :

Z_0 = impedansi karakteristik

Z_L = Impedansi Beban

k = Konstanta propagasi ($2\pi/\lambda$)

l = panjang saluran transmisi

j = bilangan kompleks (imajiner)

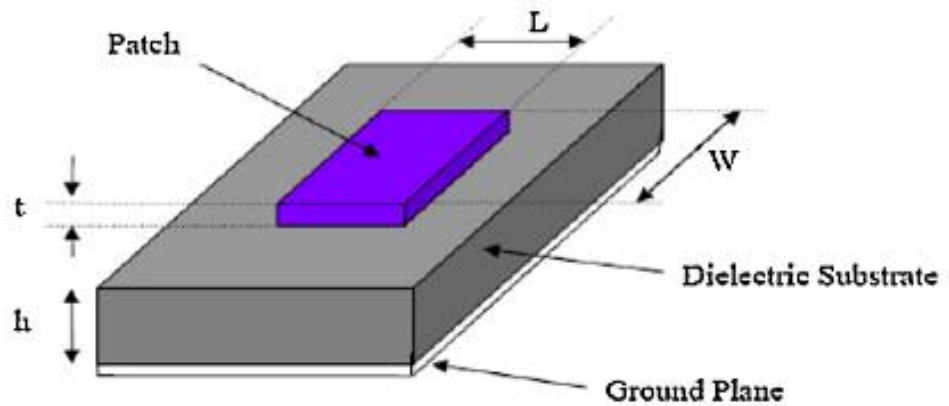
- Γ = koefisien refleksi
- Z_L = Impedansi beban (Ohm)
- Z_0 = Impedansi karakteristik (Ohm)

Pada rangkaian terbuka $Z_L = \infty$ sehingga dari persamaan (2.7) diperoleh koefisien pantul $\Gamma = 1$ dan $V_r = V_i$. Saat terjadi kondisi matching yaitu $Z_L = Z_0$ diperoleh $\Gamma = 0$ dan $V_r = 0$. Artinya tidak ada gelombang yang dipantulkan atau semua gelombang yang datang diteruskan.

(Bualkar, Yono, Eddy Y. 2012)

2.1.2 Antenna Mikrostrip

Mikrostrip terdiri atas dua kata, yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan). Konsep antena mikrostrip diperkenalkan pada awal tahun 1950an di USA oleh Deschamps dan di Perancis oleh Gutton dan Baissinot (id.wikipedia.org/wiki/Antena_dipol). Antena mikrostrip adalah antena yang terbuat dari *strip* logam (*patch*) yang sangat tipis dengan ketebalan *strip* (t) dan ketebalan substrat (h) yang jauh lebih kecil dibanding dengan panjang gelombang di ruang hampa (λ_0).



Gambar 2.2 Struktur antenna mikrostrip (Rhased 2013)

Dimana:

L = Panjang patch

W = Lebar Patch

t = tebal patch

h = tebal subtrat

Ketebalan substrat h pada umumnya terletak pada rentang $0,003 \lambda_0 \leq h \leq 0,005 \lambda_0$ di atas *ground plane*. *Strip (patch)* logam dipisahkan dari *ground plane* oleh substrat dari bahan dielektrik dengan konstanta dielektrik pada rentang $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ (Balanis 1997). Pada umumnya, *patch* terbuat dari logam konduktor seperti tembaga atau emas yang memiliki karakteristik atau spesifikasi yang berbeda. *Patch* berfungsi sebagai pemancar (*radiator*). Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik yang memiliki permitivitas relatif yang berbeda-beda. Bagian-bagian antenna mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 2.2

2.2 Parameter Antenna

2.2.1 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Pengukuran VSWR berhubungan dengan pengukuran koefisien refleksi dari antenna tersebut (Γ). Nilai VSWR merupakan representasi dari peristiwa *standing wave*. Peristiwa *standing wave* terjadi jika terdapat dua gelombang yang merambat pada arah berlawanan dalam media yang sama dimana frekuensi antara gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan besarnya sama (Behdad 2013). Tegangan maksimum terjadi jika tegangan pada gelombang datang (V_i) dan Gelombang Pantul (V_r) bergabung dalam satu fase sehingga saling menguatkan.

$$V_{\max} = V_i + V_r \quad (2.8)$$

Tegangan minimum terjadi jika tegangan pantul mengurangi besar tegangan gelombang datang.

$$V_{\min} = V_i - V_r \quad (2.9)$$

Dengan V_i dan V_r masing-masing adalah:

$$V_i = |V_i| e^{-jkz} \quad (2.10)$$

$$V_r = |V_r| e^{jkz} \quad (2.11)$$

Sedangkan VSWR dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{VSWR} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (2.12)$$

Dimana:

VSWR = Voltage Standing Wave Ratio

V_{\max} = tegangan maksimum

V_{\min} = tegangan minimum

Nilai terbaik VSWR adalah 1, artinya tidak terdapat gelombang pantul di dalam mikrostrip (Kraus. 1984) atau dapat dikatakan antenna dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada prakteknya sulit untuk didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap masih baik adalah $VSWR \leq 2$.

2.2.2 Return Loss

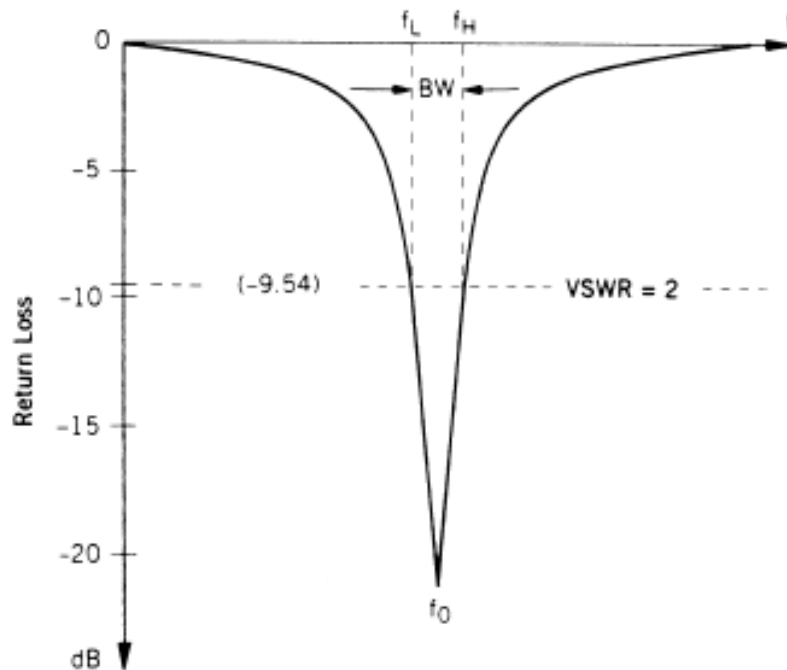
Return loss adalah besaran yang menunjukkan nilai *loss* (rugi) dari power input terhadap power refleksi dari suatu antenna. Nilai *return loss* diperoleh dari hasil pengukuran dengan *Network Analyzer*. Nilai *return loss* dinyatakan dalam satuan dB berkisar antara $-\infty$ sampai 0 dB. Suatu antenna dikatakan bekerja baik jika $RL \leq -9,54$ dB (Chang. 2000).

$$RL(dB) = -20\log_{10}|\Gamma| \quad (2.13)$$

Return Loss dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi bergantung dengan frekuensi.

2.2.3 Bandwidth

Bandwidth atau lebar pita frekuensi dari suatu antenna adalah daerah frekuensi kerja suatu antenna yang dibatasi oleh VSWR tertentu seperti pada Gambar 2.3. Biasanya *bandwidth* dibatasi pada $VSWR \leq 1,5$. Ukuran panjang larik (*array*) antenna yang berbeda-beda memberikan peluang frekuensi resonansi yang banyak sehingga superposisinya menjadikan *bandwidth* melebar. Besarnya *bandwidth* akan berdampak pada kecepatan transmisi. Data akan menempuh saluran yang memiliki *bandwidth* kecil lebih lama dibandingkan melewati saluran yang memiliki *bandwidth* yang besar.



Gambar 2.3. *Bandwidth* antenna (Chang, 2000)

Pada antenna pita lebar atau *broadband*, *bandwidth* merupakan perbandingan antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah dan dapat dihitung sedangkan pada antenna pita sempit atau *narrowband*, *bandwidth* merupakan perbedaan frekuensi (frekuensi atas dikurangi frekuensi bawah) yang melewati frekuensi tengah. Besarnya *bandwidth* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.14) dan untuk persentase *bandwidth* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.15)

$$Bandwidth_{(broadband)} = \frac{f_u}{f_1} \quad (2.14)$$

$$Bandwidth_{(narrowband)} = f_2 - f_1 \quad (2.15)$$

$$Bandwidth_{(persentase)} = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.16)$$

Ada beberapa jenis *bandwidth* di antaranya :

- a. *Impedance bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana patch antena berada pada keadaan matching dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antena bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai matching ini dapat dilihat dari return loss dan VSWR. Pada umumnya nilai return loss dan VSWR yang masih dianggap baik masing-masing adalah kurang dari 9,54 dB dan 2.
- b. *Pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana beamwidth, sidelobe, atau gain, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antena agar nilai bandwidth dapat dicari.
- c. *Polarization* atau *axial ratio bandwidth* adalah rentang frekuensi di mana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

(Rambe,2008)

2.2.4 Pola Radiasi

Pola radiasi suatu antena adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat suatu antena pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi terjadi karena arus listrik dalam suatu antena selalu dikelilingi oleh medan magnetis. Arus listrik bolak balik (*alternating current*) menyebabkan muatan-muatan listrik bebas dalam antena akan mendapat percepatan, sehingga timbul suatu medan

elektromagnetik. Medan elektromagnetik tersebut bolak-balik akan berjalan menjauhi antena dalam bentuk gelombang elektromagnetik (Fadlillah, 2004).

Pola radiasi di daerah dekat antena tidaklah sama seperti pola radiasi pada jarak jauh. Istilah medan dekat merujuk pada pola medan yang berada dekat antena, sedangkan istilah medan jauh merujuk pada pola medan yang berada di jarak jauh. Medan jauh juga disebut sebagai medan radiasi, dan merupakan hal yang diinginkan. Biasanya, daya yang dipancarkan adalah yang kita inginkan, dan oleh karena itu pola antena biasanya diukur di daerah medan jauh. Untuk pengukuran pola sangatlah penting untuk memiliki jarak yang cukup besar untuk berada di medan jauh jauh di luar medan dekat. Jarak dekat minimum yang diperbolehkan bergantung pada dimensi antena berkaitan dengan panjang gelombang.

2.2.5 Gain

Gain (power gain) didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi pada suatu arah dengan daya yang diterima oleh antena penerima dari pemancar (Rahayu, dkk, 2009). *Gain* antena dapat dinyatakan dengan persamaan

$$G(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2.17)$$

Dimana $G(\theta, \phi)$ adalah *gain* dan $U(\theta, \phi)$ adalah intensitas radiasi antena pada arah (θ, ϕ) termasuk efek dari kerugian antena dan daya input yang diterima antena.

Harga maksimum power gain adalah harga maksimum dari persamaan (2.29) yaitu :

$$G = \frac{4\pi U_m}{P_{in}} \quad (2.18)$$

Jadi power gain dapat dinyatakan sebagai fungsi dari θ dan ϕ dan dapat juga dinyatakan sebagai suatu harga pada suatu arah tertentu.

2.2.6 Directivity

Keterarahan (Directivity) adalah sebagai perbandingan antara rapat daya maksimum pada berkas utama terhadap rapat daya rata-rata yang di radiasikan.

$$D = \frac{U_{\max}}{U_o} \quad (2.19)$$

Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antena dengan 4π . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud. *Directivity* ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D = \frac{U}{U_o} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2.20)$$

dimana :

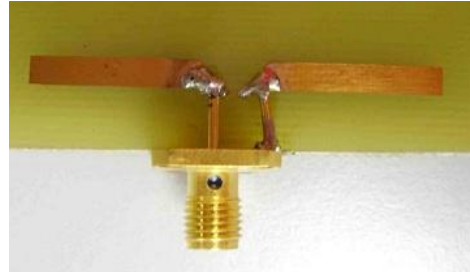
- D = Keterarahan (*Directivity*)
- D_o = Keterarahan maksimum
- U = Intensitas radiasi
- U_{max} = Intensitas radiasi maksimum
- U_o = Intensitas radiasi pada sumber isotropik
- P_{rad} = Daya total radiasi

2.3 Antenna Microstrip Dipole

Antena dipol ditemukan oleh seorang fisikawan Jerman yang bernama Heinrich Hertz sekitar tahun 1886. Antenna dipole pada umumnya adalah antena radio yang dapat dibuat dari kabel sederhana, dengan pengisi berada di tengah elemen driven. Antena ini terdiri dari dua buah logam konduktor atau kabel, berorientasi sejajar dan kolinier dengan lainnya (segaris dengan yang lainnya), dengan sela kecil di tengahnya (wikipedia). Akan tetapi antenna dipole berkembang dengan menggunakan mikrostrip.



(a)



(b)

Gambar 2.4. (a) antenna dipole terbuat dari tongkat logam

(b) antenna dipole Mikrostrip(jamaludin 2005)

Pada antenna dipole mikrostrip digunakan persamaan untuk menentukan panjang gelombang atau frekuensi dari sinyal yang akan diterima.

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12d/w}} \right] \quad (2.21)$$

(Jamaluddin. 2005)

Dengan:

ϵ_r = konstanta dielektrik subtract

d = tebal subtract

w = lebar stripline

$$\lambda = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \quad (2.22)$$

Dengan:

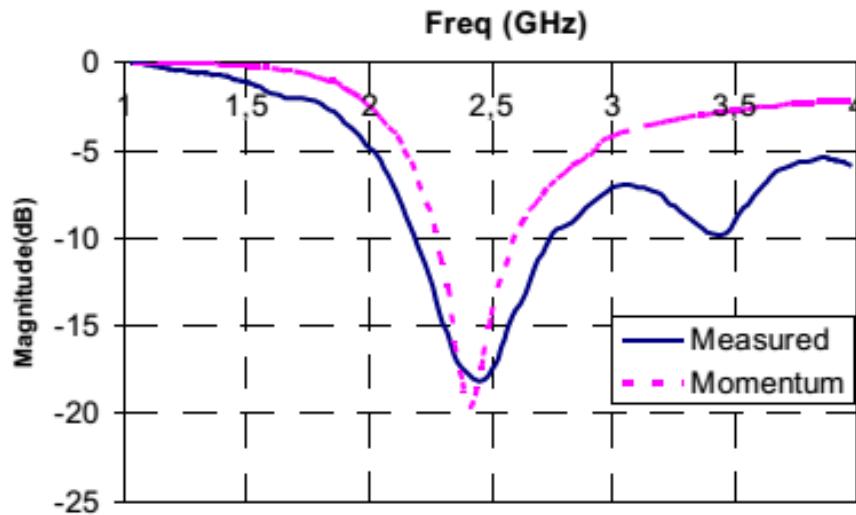
ϵ_{eff} = konstanta dielektrik efektif

λ = panjang gelombang

c = kecepatan cahaya

f = frekuensi

dengan panjang dipole adalah $\frac{1}{2}$ dari panjang gelombang (Jamaluddin. 2005)
berikut grafik return loss pada antenna dengan panjang dipole 40 mm



Gambar 2.5 grafik return loss antenna dipole microstrip dengan panjang dipole 40mm dan lebar 4 mm yang bekerja pada frekuensi 2.4 Ghz (Jamalludin 2005)

2.4 Simulasi Gelombang Elektromagnetik pada Antenna

2.4.1 Finite Different Time Domain (FDTD)

Metode FDTD adalah metode yang secara langsung dideferensialkan dari persamaan dasar Maxwell. Persamaan maxwel bergantung pada ruang bebas dan waktu adalah:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{1}{\epsilon_0} \nabla \times H \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0} \nabla \times E \quad (2.24)$$

Untuk kasus satu dimensi medan listrik berorientasi pada arah sumbu x sedangkan pada medan magnet berorientasi pada sumbu y dan penjalaran pada sumbu z. E dan H adalah vector tiga dimensi, sehingga persamaan (2.23) dan

persamaan (2.24) masing-masing mewakili tiga persamaan. Untuk kasus sederhana satu dimensi misalnya hanya E_x dan H_y , sehingga persamaan(2.23) dan (2.24) menjadi

$$\frac{\partial H_y}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial E_x}{\partial z} \quad (2.25)$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = -\frac{1}{\varepsilon_0} \frac{\partial H_y}{\partial z} \quad (2.26)$$

Turunan waktu pada medan listrik komponen kiri persamaan (2.25) mempunyai interval cacah waktu $t=\dots,(n-1)\Delta t, n\Delta t, (n+1)\Delta t, \dots$ maka perlu ditetapkan bahwa $t=(n-1/2) \Delta t$. dapat ditunjukkan dengan cara penulisan $E(n+1)$.

Dengan kedua ruang waktu terhadap persamaan (2.25) dan (2.26) diperoleh

$$\frac{E^{n+\frac{1}{2}}(k)-E^{n-\frac{1}{2}}(k)}{\Delta t} = -\frac{1}{\varepsilon_0} \frac{H^n\left(k+\frac{1}{2}\right)-H^n\left(k-\frac{1}{2}\right)}{\Delta z} \quad (2.27)$$

$$\frac{H^n\left(k+\frac{1}{2}\right)-H^n\left(k-\frac{1}{2}\right)}{\Delta t} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{E^{n+\frac{1}{2}}(k+)-E^{n-\frac{1}{2}}(k)}{\Delta z} \quad (2.28)$$

Persamaan(2.27) dan (2.28) berasumsi bahwa medan listrik E dan medan magnet H disisipkan pada kedua ruang waktu. H menggunakan argument $k+1/2$ dan $k-1/2$ menandakan bahwa nilai medan H terletak diantara nilai medan E . Untuk dimensi dua dan tiga dengan menambahkan array koordinat yang semula satu menjadi dua dan tiga (Sulivan. 2000).

2.4.2 Finite Integral Technique(FIT)

Integrasi terbatas (FIT) adalah skema diskritisasi ruang untuk numerik memecahkan masalah medan elektromagnetik dalam waktu dan domain frekuensi. Ia menyimpan sifat topologi dasar persamaan kontinu seperti kekekalan muatan dan energi. FIT diusulkan pada tahun 1977 oleh Thomas Weiland dan telah ditingkatkan terus menerus selama bertahun-tahun. Metode ini mencakup berbagai macam elektromagnetik (dari statis hingga frekuensi tinggi) dan aplikasi optik dan merupakan dasar untuk alat simulasi komersial.

Ide dasar dari pendekatan ini adalah untuk menerapkan persamaan Maxwell dalam bentuk integral satu set grid. Metode ini menonjol karena fleksibilitas tinggi dalam pemodelan geometris dan penanganan batas serta penggabungan distribusi bahan dan sifat material seperti anisotropi, non-linearitas dan dispersi. Selain itu, penggunaan dual jaringan orthogonal konsisten (grid misalnya Cartesian) dalam hubungannya dengan skema integrasi waktu yang jelas (misalnya melompat jauh-skema) mengarah untuk menghitung dan algoritma yang efisien, yang secara khusus disesuaikan untuk analisis lapangan sementara di frekuensi radio.

CST Microwave Suite 2011 merupakan salah satu software simulasi yang berfungsi untuk mensimulasikan gelombang elektromagnetik . pada software ini juga dapat digunakan untuk mensimulasikan karakteristik antenna dengan desain yang dibuat.

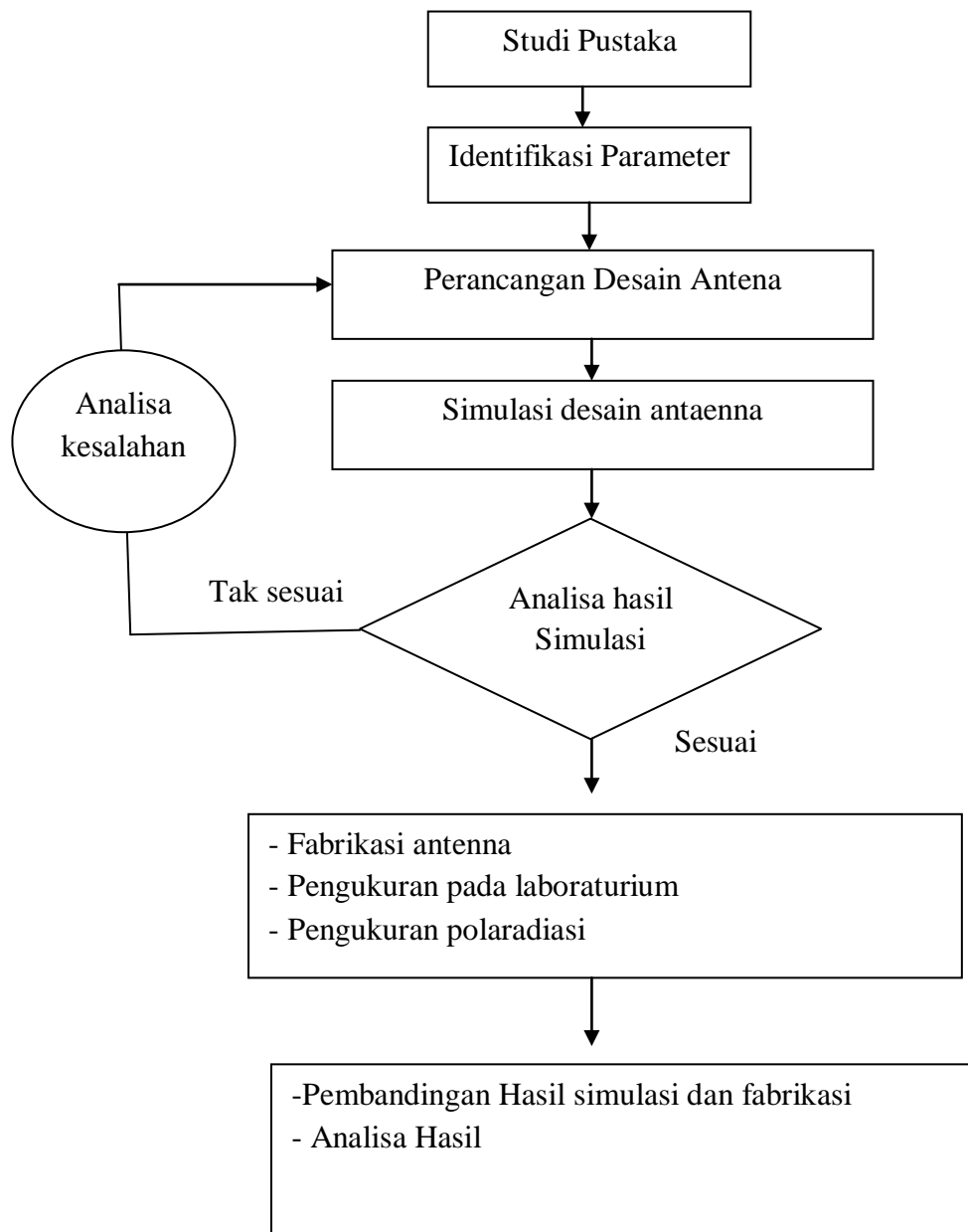
“ Halaman Ini Sengaja Dikosongkan “

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gmabar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Proses Desain antenna dipole

Pada proses desain ini digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan software simulasi yang bernama CST yang menggunakan teori yang berprinsip pada metode *finite integration technique* (FIT) dalam menganalisa gelombang elektromagnetiknya. Pada program ini dapat dilihat bagaimana performa dari antenna secara simulasi. Adapun data yang dapat kita cari pada simulasi ini adalah data *Return loss*, *VSWR*, *Gain*, *Surface current*, *E-field* dan *H-field*, *directivity*, dll. Antenna yang akan dibuat adalah antenna microstrip dipole yang secara simulasi didapatkan hasil dengan karakteristik antenna yang diinginkan.

3.3. Modifikasi Desain untuk meningkatkan performa Antenna dipole

Modifikasi desain disini dimaksudkan untuk mengoptimalkan performa dari antenna dipole itu. Modifikasi meliputi lebar gap dan lebar path yang akan digunakan. Dan yang paling utama adalah variasi panjang yang nantinya akan digunakan dalam modifikasi selanjutnya. Pada proses ini juga digunakan simulasi diatas.

3.4. Modifikasi double slide untuk konfigurasi pengubah frekuensi

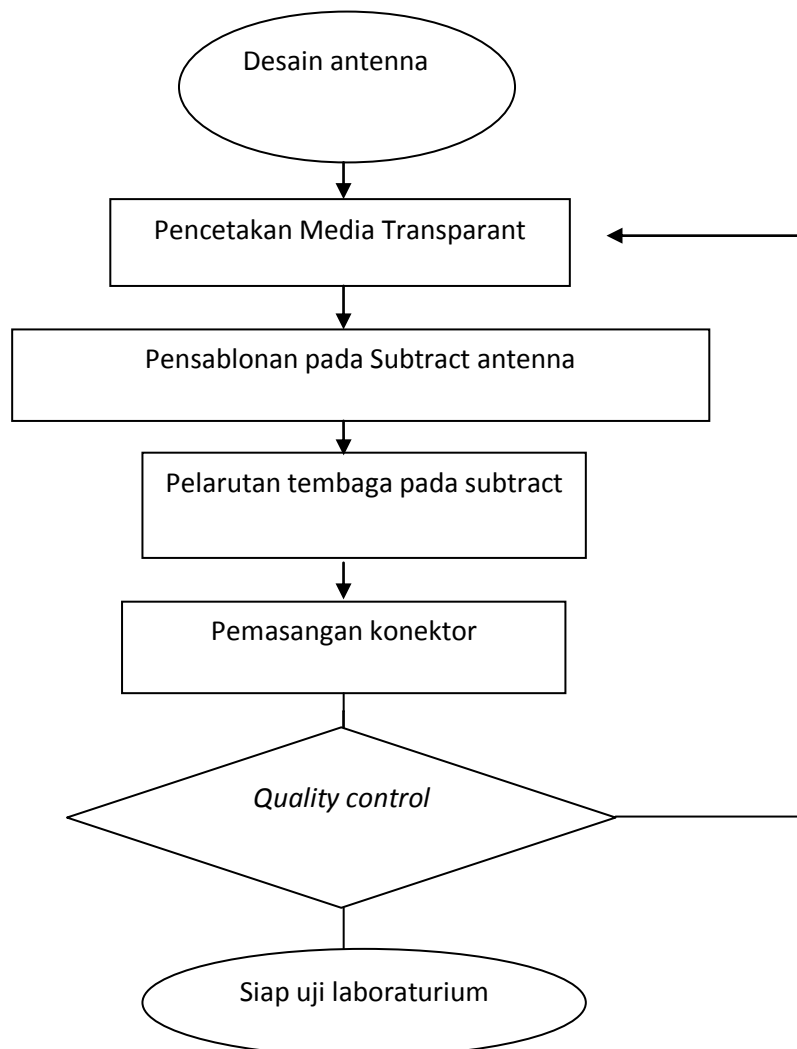
Pada tahap ini dilakukan modifikasi lebih jauh untuk mendapatkan desain dimana dapat diatur sesuka hati frekuensi yang diinginkan. Yaitu dengan memodifikasi antenna dipole dengan tambahan slide yang terbuat dari subtract dimana slide tersebut dapat diatur supaya dimensi panjang dari antenna dipole dapat berubah. Dengan menggunakan simulasi juga akan dihasilkan karakteristik antenna termodifikasi ini.

3.5. Perbandingan Desain Normal dan Hasil Modifikasi

Pada tahap ini dilakukan Perbandingan modifikasi antara antenna dipole mikrostrip dengan dipole mikrostrip termodifikasi ini baik secara geometri dan hasil simulasi. Perbandingan ini meliputi *Return Loss*, *VSWR* dan *directvity*.

3.6. Pembuatan Antenna dipole

Pada proses ini akan dilakukan seperti pada skema dibawah ini:



Gambar 3.2 Skema fabrikasi antenna dipole

Pada bagian ini desain antenna menggunakan aplikasi yang memiliki akurasi tinggi begitu pula pada tahap pencetakan diusahakan dengan printer laserjet yang memiliki akurasi tinggi pula. Bahan yang digunakan untuk membuat antenna adalah tipe FR-4 yang memiliki konstanta dielektrik 4.3 dengan tebal 1.6 mm. selanjutnya pada proses pelarutan tembaga digunakan larutan kimia besi clorit dimana tembaga yang tidak terkena sablon akan larut ke dalam larutan tersebut. Setelah jadi baru akan dilakukan pemasangan konektor. Setelah itu melalui tahap quality control yaitu pemilihan mana yang memenuhi kualitas yang bagus seperti desain tercetak lurus sesuai yang diinginkan. Begitu juga dengan pemasangan konektor yang tidak melenceng dengan cara visualisasi. Setelah itu barulah antenna masuk tahap pengujian laboratorium.

3.7. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran

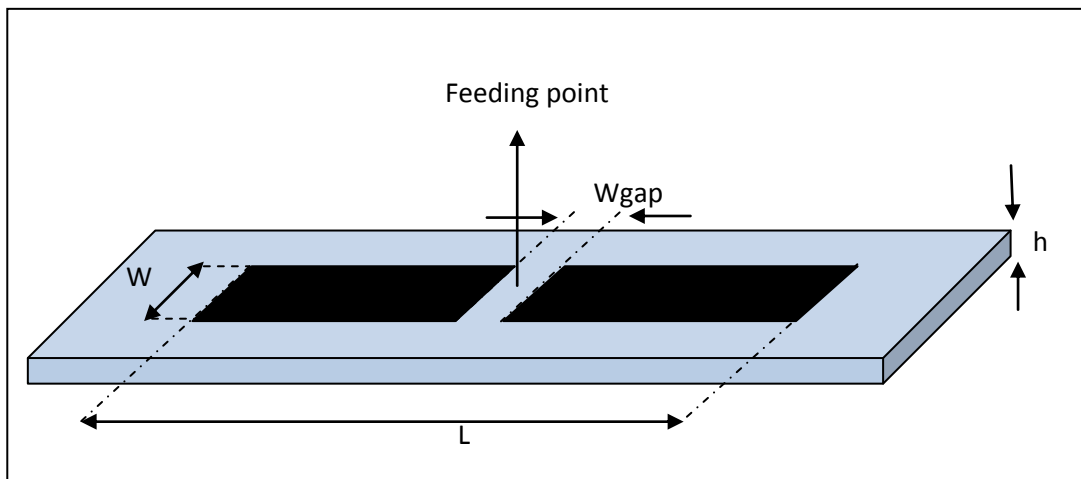
Dari hasil uji laboratorium dan hasil Simulasi akan dibandingkan baik perbedaan maupun persamaan kemudian dianalisa berbagai kemungkinan yang timbul akibat perbedaan maupun persamaan data tersebut. Perbandingan ini meliputi data Return Loss, VSWR dan Pola radiasi.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Geometri Antenna Mikrostrip Dipole

Antenna dipole ini disimulasikan dengan menggunakan software CST microwave studio 2011. Pada gambar 4.1 ditunjukkan desain antenna dipole yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Antenna dipole sudah banyak dikembangkan dan banyak dipakai secara komersial seperti yang sudah dibahas pada latar belakang dan tinjauan pustaka.



Gambar 4.1 Geometri antenna mikrostrip dipole

Tabel 1. Parameter Subtrak

Parameter	Diskripsi	Nilai
ϵ	Permitifitas	4.3
H	Tebal	1.6 mm
Cupper	Konduktifitas	5.8×10^7 S/m

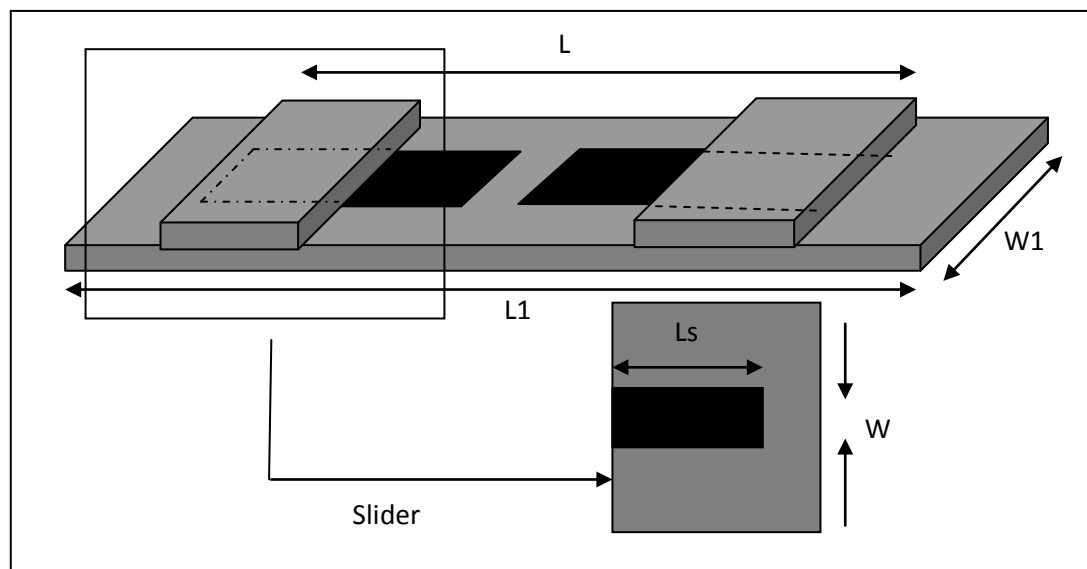
Tabel 2. Parameter Geometri Antena Mikrostrip Dipole

Parameter	Diskripsi	Ukuran Fisik
L	Panjang dipole	40 mm
W	Lebar dipole	4 mm
W gap	Celah gap	2 mm

Untuk parameter antenna Mikrostrip dipole konfensial dapat dilihat pada Tabel 1. Dan Tabel 2. Feeding antenna diletakan langsung pada pusat gap antar dua strip line. Dari hasil simulasi menggunakan CST suite 2011 didapatkan frekuensi kerja pada frekuensi 2.45 Ghz . Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana dengan geometri seperti pada Tabel 2 didapatkan frekuensi kerja pada sekitar 2.4 GHz.

4.2 Geometri antenna dipole Termodifikasi dan pembuatanya

Pada desain ini adalah desain antenna dipole normal dengan tambahan slide kedua disisi atas dari antenna dipole lihat pada gambar 4.3



Gambar 4.2 Antenna mikrostrip dipole termodifikasi

Tabel 3. Parameter Geometri Antena Mikrostrip Dipole Termodifikasi

Parameter	Diskripsi	Ukuran Fisik
L	Panjang dipole	32 mm
W	Lebar dipole	4 mm
W gap	Celah gap	2 mm
Ls	Panjang tembaga pada slider	10 mm
W1	Lebar subtark	15 mm
L1	Panjang subtrak	100 mm

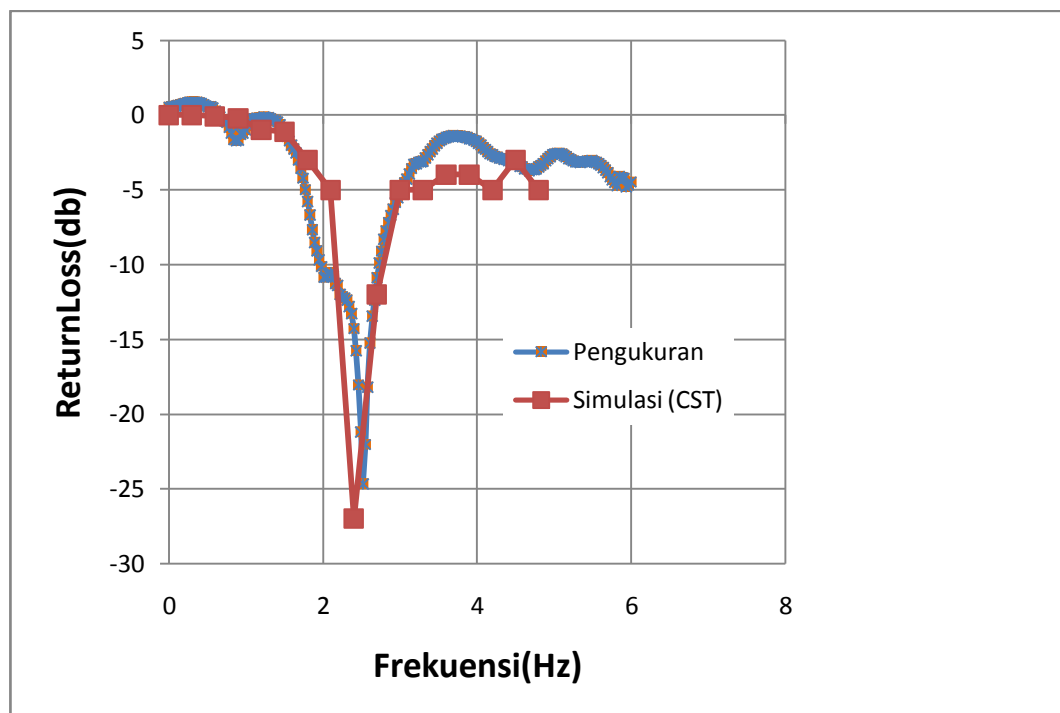
Desain ini dimaksudkan agar didapatkan manipulasi panjang dipole dengan menggeser elemen tambahan ini. Ketiga bergeser besar geometri panjang dipole(L) akan berubah. Sehingga frekuensi kerja akan berubah. Dalam kondisi ini akan dibahas lebih lanjut apakah modifikasi ini akan membuat karakteristik antenna menjadi lebih baik atau lebih buruk.

4.3 Pembuatan antenna dan Hasil Uji Laboraturium

Pembuatan antenna hasil dari simulasi dilakukan dengan beberapa tahap . yang pertama adalah Pemilihan bahan dielektrik. Bahan yang digunakan seperti pada Table 1. Pemilihan bahan ini dikarenakan mudahnya didapatkan di pasaran dan memang pada umumnya juga digunakan bahan ini. Tetapi dalam hal ini juga perlu diperhatikan tebal nya juga. Semakin tipis semakin baik karena agar kinerja dari antenna akan lebih bagus apabila semakin tipis.

Pencetakan antenna menggunakan teknik pensablonan pada subtrak antenna yang menggunakan bahan PCB tipe FR-4 PCB ini terbuat dari bahan dielektrikum yang dilapisi tembaga pada sisi bagian atasnya. Pada pencetakan ini bagian yang dicetak adalah bagian lapisan tembaga. Ketika pensablonan lapisan tembaga akan tertutupi tinta sablon yang membentuk pola antenna yang kita buat dan selanjutnya dengan menggunakan larutan besi clorit ($\text{Fe}(\text{ClO}_2)_3$) akan

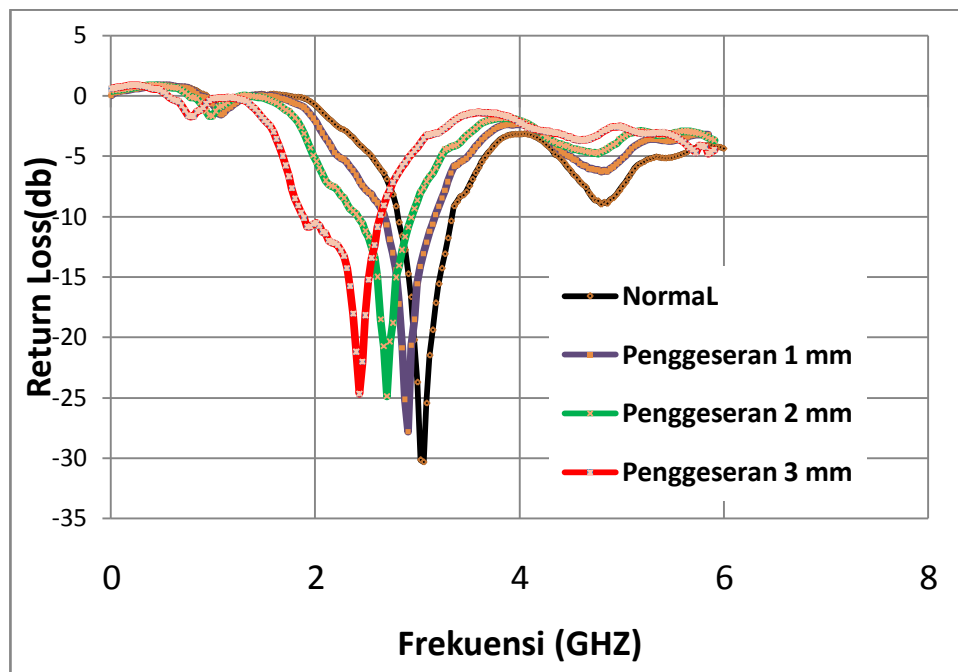
dilarutkan daerah yang tidak terkena sablon. Sehingga setelah dibersihkan akan terbentuk pola lapisan tembaga seperti pada desain antenna. Dalam pencetakan dan pemasangan konektor memang perlu dilakukan secara teliti. Jadi dalam pencetakan nanti tidak hanya dilakukan sekali atau dua kali. Tetapi dilakukan berulang ulang sehingga memenuhi standart yang diinginkan secara visualisasi. Seperti cetakan yang lurus dan pemasangan konektor yang rapat dan tegak lurus serta tidak melenceng. Setelah melalui *quality control* barulah antenna tersebut akan diuji coba.



Gambar 4.3. Hasil Perbandingan Pengukuran antenna mikrostrip dipole termodifikasi dengan Hasil simulasi menggunakan CST pada $L = 38$ mm

Pada Gambar 4.3 diatas merupakan perbandingan grafik returnloss dari hasil simulasi dan hasil pengukuran dari antenna mikrostrip dipole termodifikasi dengan double slider pada panjang $L = 38$ mm. dari hasil tersebut didapatkan secara simulasi daerah frekuensi kerja optimum pada frekuensi 2.43 Ghz dengan bandwidth antara 2.2 – 2.84 Ghz, sedangkan pada hasil pengukuran dihasilkan

frekuensi kerja optimum pada frekuensi 2.55 GHz dan bandwidth antara 2.1 – 2.86 Ghz. Dari perbandingan itu didapatkan nilai selisih kerja optimum antara simulasi dan fabrikasi sebesar 0.12 GHz. Dalam aplikasinya memang sulit ditemukan terjadinya sama persis antara simulasi dan fabrikasi seperti pada penelitian yang sudah dilakukan (Khrisna. 2013) yang terjadi penyimpangan hingga 0.5 Ghz. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa fabrikasi antenna ini sudah memiliki hasil yang baik.



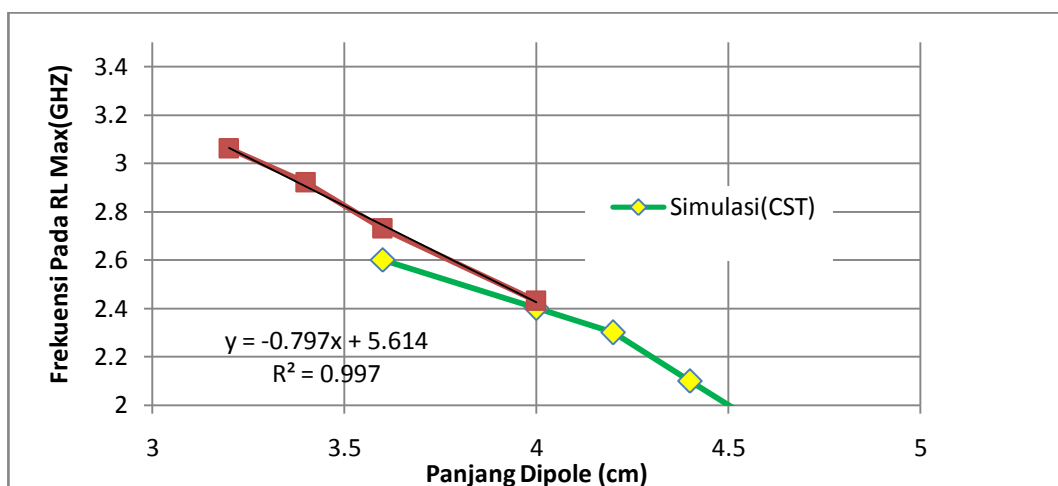
Gambar 4.4. Grafik returnloss hasil pengukuran antenna mikrostip dipole termodifikasi dengan variasi penggeseran.

Dari gambar 4.4. menggambarkan bagaimana grafik dari returnloss ketika kedua *slider* (Gambar 4.2) digeser dengan variasi panjang 1, 2, dan 3 mm. sehingga membentuk panjang dipole yang berubah, untuk tanpa penggeseran panjang dipole adalah 32 mm ($L=32$ mm) sedangkan untuk pergeseran 1 mm maka panjang dipole akan berubah dari 32 mm menjadi 34 mm. jadi setiap

pergeseran 1 mm pada kedua *slider* kanan dan kiri akan didapatkan perubahan panjang 2 mm.

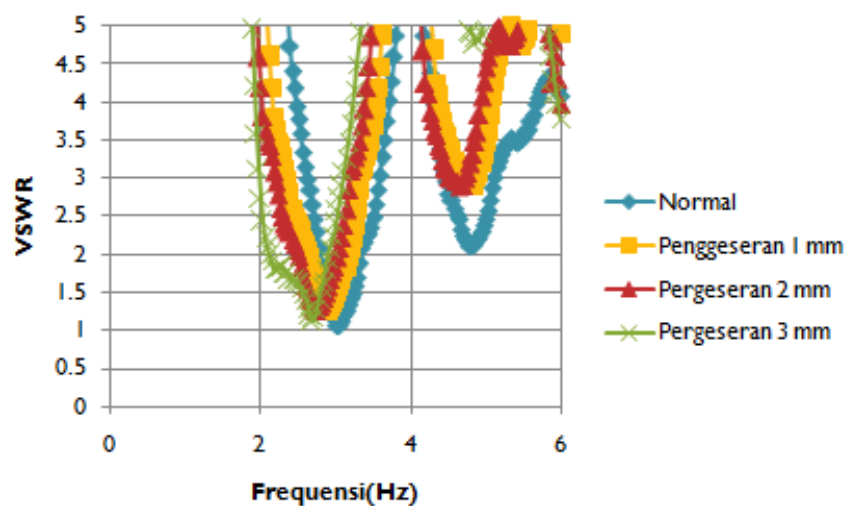
Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa antenna mikrostrip dipole termodifikasi memiliki performa yang cukup baik dimana pada setiap variasi penggeserannya akan menimbulkan perubahan frekuensi kerja optimumnya. Pada grafik diatas didapatkan hasil bahwa pada $L = 32$ mm didapatkan frekuensi kerja 3.06 Ghz. Untuk $L=34$ dihasilkan 2.91 Ghz dan seterusnya (Gambar 4.4 dan 4.5). sedangkan untuk bandwidth antenna ini mampu bekerja antara frekuensi 1.98 Ghz sampai 3.33 Ghz. atau dalam pengaplikasiannya dapat mencakup sinyal GSM. Wifi, Hingga jaringan 3G.

Pada pergeseran total 3 mm atau sama artinya dengan perubahan panjang $L=32$ mm sampai $L= 38$ mm (perubahan 6 mm) antenna termodifikasi ini memiliki jangkauan hingga 1.5 Ghz sehingga antenna ini juga mencapai kriteria antenna wideband seperti pada penelitian sebelumnya yang menghasilkan jangkauan wideband 1.1 Ghz (Deepak 2014). Jika dikembangkan dengan pergeseran yang lebih panjang dapat dimungkinkan dengan teknik ini akan tercipta antenna dengan jangkauan yang lebar hingga mencapai karakteristik ultrawideband.



Gambar.4.5 Grafik hubungan panjang dipole dengan frekuensi pada returnloss minimum dari karakteristik antenna

Dari Grafik 4.5 memang didapatkan hubungan antara panjang dipole dengan frekuensi kerja pada antenna dan hubungannya hampir berbanding terbalik. Dari grafik tersebut bias dilihat hubungan panjang dipole dan frekuensi kerja optimum masing-masing. Karena grafik hubungan tersebut mendekati linier maka dilakukan regresi secara linier dan dihasilkan perbandingan bahwa perbandingan antara panjang dipole dan frekuensi adalah 1 mm : 0.0797 Ghz artinya pada setiap perubahan panjang dipole 1 mm akan menghasilkan perubahan frekuensi optimal 0.0797 Ghz.



Gambar.4.6 Grafik VSWR pada Antenna termodifikasi pada masing-masing variasi pergeseran

Selain dari returnloss karakteristik antenna juga dapat dilihat dari nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR). Pada hal penerapannya grafik VSWR sangatlah penting untuk membaca karakteristik suatu antenna karena lebih mudah pmbacaanya dari grafik *return loss*. Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa antenna dapat digunakan apabila nilai dari VSWR kurang dari 2. Dari

melihat grafik pada gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa ketika antenna dipole termodifikasi mengalami pergeseran VSWR yang bernilai kurang dari 2 juga mengalami pergeseran sesuai dengan frekuensi kerjanya.

Directivity pada antenna ini mirip dengan buah apel baik pada antenna dipole normal walaupun dengan antenna dipole termodifikasi yang dibuat sehingga antenna termodifikasi ini mampu meradiasikan atau menerima radiasi seperti halnya antenna dipole normal. Directivity disini merupakan perpaduan antara *E-field* dan *H-field*. Radiasi dipancarkan secara horizontal keseluruhan arah yang hampir sama besar. dan melemah ke arah vertical ini sesuai dengan antenna dipole.

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan mengenai studi SIMULASI DAN FABRIKASI ANTENA DIPOLE DENGAN *LENGH SIFTER* SEBAGAI PENGUBAH FREKUENSI Diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan simulasi sebagai dugaan awal dari karakteristik antenna memang mendekati kebenaran dan modifikasi antenna dipole dengan menggunakan slide sifter pada panjang dipole untuk mengubah frekuensi kerja dapat dilakukan. Untuk panjang dipole 32 mm dan slide sifter 10 mm didapatkan range frekuensi kerja antara 2 GHz sampai 3.3 GHz yang bias digunakan untuk sinyal GSM, Wifi, Hingga 3G.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

LAMPIRAN A : Data Percobaan

Frekuensi	RL			
	L=3.2 cm	L=3.4 cm	L=3.6 cm	L=3.8 cm
0.002	0.065256	0.060133	0.400109423	0.54535543
0.03199	0.253354	0.249616	0.446598072	0.58935858
0.06198	0.340244	0.338997	0.485904837	0.59765368
0.09197	0.402113	0.400281	0.524101893	0.60252389
0.12196	0.449891	0.447136	0.561167478	0.65161051
0.15195	0.492392	0.48812	0.601543824	0.69723261
0.18194	0.529851	0.524965	0.63873307	0.7457114
0.21193	0.568578	0.562098	0.68667307	0.79591743
0.24192	0.607421	0.603365	0.727977606	0.83147018
0.27191	0.645775	0.641764	0.764866864	0.85910514
0.3019	0.690897	0.686546	0.805495248	0.87080782
0.33189	0.73323	0.728961	0.838539415	0.87874924
0.36188	0.771479	0.770659	0.86270054	0.86381936
0.39187	0.810404	0.808594	0.880070498	0.83311748
0.42186	0.845253	0.841743	0.879407009	0.79754452
0.45185	0.871134	0.862007	0.866024542	0.72667395
0.48184	0.890606	0.875492	0.844674129	0.63204749
0.51183	0.901821	0.888088	0.819844732	0.58202261
0.54182	0.897168	0.884842	0.764864116	0.5698188
0.57181	0.881118	0.86876	0.711972343	0.48802227
0.6018	0.85103	0.828059	0.692791336	0.29512179
0.63179	0.815383	0.779501	0.675001452	0.12105426
0.66178	0.771796	0.729475	0.610677865	-0.11381106
0.69177	0.758111	0.706391	0.473179959	-0.27322189
0.72176	0.753246	0.707428	0.278000057	-0.39248246
0.75175	0.719439	0.665311	0.061699936	-0.45673409
0.78174	0.635245	0.558616	-0.117602221	-0.78868246
0.81173	0.520554	0.409282	-0.151400223	-1.19034538
0.84172	0.409563	0.220539	-0.232814985	-1.63413602
0.87171	0.238659	-0.02052	-0.535188979	-1.70198307
0.9017	0.158175	-0.07921	-0.911866442	-1.68399793
0.93169	0.056372	-0.12134	-1.261801981	-1.27052231
0.96168	-0.234	-0.42354	-1.66493533	-1.1786523
0.99167	-0.4205	-0.637	-1.678649117	-0.97356043
1.02166	-0.56733	-0.96495	-1.282602977	-0.65980089
1.05165	-0.97499	-1.42157	-0.949038924	-0.38815407
1.08164	-1.36118	-1.5404	-0.861027813	-0.22445686

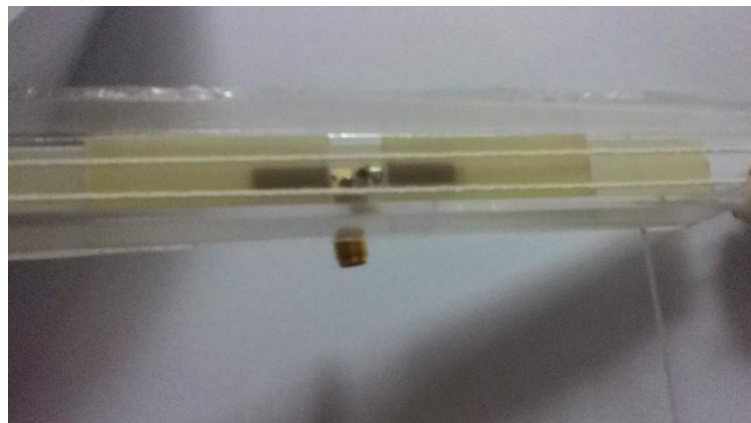
1.11163	-1.29369	-1.36716	-0.726108898	-0.21429625
1.14162	-1.04817	-1.0352	-0.553363682	-0.18905691
1.17161	-0.91659	-0.89412	-0.344887127	-0.18855024
1.2016	-0.71575	-0.69658	-0.219247273	-0.19600134
1.23159	-0.56625	-0.55433	-0.118586644	-0.11192666
1.26158	-0.36034	-0.35024	-0.025113942	-0.15521435
1.29157	-0.2322	-0.23166	0.012846557	-0.1479862
1.32156	-0.11187	-0.11689	0.026910006	-0.2272959
1.35155	-0.01167	-0.00106	-0.009945897	-0.30745585
1.38154	0.055417	0.046176	-0.004836159	-0.34475538
1.41153	0.111344	0.052434	-0.074444468	-0.43688099
1.44152	0.101832	0.036756	-0.13027664	-0.63058521
1.47151	0.14887	0.07252	-0.118777079	-0.85774168
1.5015	0.116116	0.024853	-0.178406569	-1.08964016
1.53149	0.078962	-0.01192	-0.283399289	-1.39353368
1.56148	0.140445	0.030505	-0.399386957	-1.71760764
1.59147	0.159848	0.010389	-0.490522295	-1.99989456
1.62146	0.129431	-0.076	-0.607465504	-2.24954781
1.65145	0.082742	-0.15493	-0.785003666	-2.50572786
1.68144	0.06303	-0.2072	-0.98760477	-2.99870706
1.71143	0.038167	-0.29474	-1.172505966	-3.56885567
1.74142	-0.01827	-0.39571	-1.312648376	-4.20523578
1.77141	-0.07022	-0.50767	-1.547980201	-4.97594026
1.8014	-0.10123	-0.61237	-1.812102575	-5.77496298
1.83139	-0.10674	-0.67953	-2.155506571	-6.665128
1.86138	-0.12341	-0.7857	-2.620982983	-7.64783754
1.89137	-0.19737	-0.93842	-3.141083898	-8.51121086
1.92136	-0.29826	-1.17658	-3.703018134	-9.0761241
1.95135	-0.47012	-1.51592	-4.310283579	-9.67708129
1.98134	-0.64299	-1.84543	-4.959857893	-10.1227935
2.01133	-0.84616	-2.19016	-5.454952944	-10.8469996
2.04132	-1.09371	-2.60123	-5.991300501	-10.8385693
2.07131	-1.40121	-3.0542	-6.433134461	-10.6283849
2.1013	-1.62537	-3.45558	-7.026798137	-10.5193672
2.13129	-1.87357	-3.85	-7.325995436	-10.7692207
2.16128	-2.09281	-4.22463	-7.479352414	-11.2496569
2.19127	-2.35803	-4.68863	-7.563630085	-11.3924197
2.22126	-2.56543	-4.956	-7.841569402	-11.9971136
2.25125	-2.71902	-5.13848	-8.248594543	-12.14482
2.28124	-2.81496	-5.24694	-8.473077108	-12.2221513
2.31123	-2.98537	-5.47811	-8.999373611	-12.3723764

2.34122	-3.25561	-5.86141	-9.371597884	-12.7955131
2.37121	-3.46843	-6.16239	-9.559117601	-13.2597522
2.4012	-3.72943	-6.56399	-9.79762502	-14.2820442
2.43119	-4.02642	-7.03818	-10.21864526	-15.7564362
2.46118	-4.2481	-7.39191	-10.60057575	-18.0514293
2.49117	-4.52166	-7.73458	-11.216681	-21.2080388
2.52116	-4.73153	-7.95715	-11.70222442	-24.6739898
2.55115	-4.97297	-8.16315	-12.55486169	-22.026583
2.58114	-5.3685	-8.57263	-13.40792484	-18.1866922
2.61113	-5.73985	-8.84744	-15.00472767	-15.2513696
2.64112	-6.08092	-9.25396	-18.52198214	-13.4333634
2.67111	-6.3744	-9.77743	-20.782712	-12.3602012
2.7011	-6.89197	-10.6866	-24.89767146	-10.8717068
2.73109	-7.51809	-11.8881	-20.36672178	-9.89042499
2.76108	-8.16225	-13.0022	-18.8341616	-9.09455391
2.79107	-9.14523	-14.3907	-15.05396673	-8.30973166
2.82106	-10.4711	-17.2433	-14.08406918	-7.74211553
2.85105	-11.5786	-20.8982	-12.7714059	-7.18451003
2.88104	-12.7485	-25.1646	-11.69053278	-6.69182432
2.91103	-14.7359	-27.8362	-10.8811866	-6.28486739
2.94102	-16.6559	-20.6632	-10.09849111	-5.83081101
2.97101	-20.2124	-18.5221	-9.338338369	-5.51668489
3.001	-23.7249	-15.5646	-8.659458468	-5.14982367
3.03099	-30.1532	-14.1282	-8.008484086	-4.83718824
3.06098	-30.3356	-13.0861	-7.591605973	-4.53756743
3.09097	-25.4568	-12.1155	-7.091712943	-4.25724856
3.12096	-21.4877	-11.2102	-6.685866118	-3.92931661
3.15095	-19.3872	-10.6311	-6.361281029	-3.56959818
3.18094	-17.1449	-9.83936	-5.963540622	-3.27825526
3.21093	-15.5671	-9.14488	-5.425846649	-3.23130713
3.24092	-14.2811	-8.46054	-4.891168263	-3.1364367
3.27091	-13.0873	-7.80973	-4.453187338	-3.11448959
3.3009	-11.7755	-7.09156	-4.358683027	-3.05946782
3.33089	-10.3661	-6.39321	-4.205789419	-2.8515933
3.36088	-9.13021	-5.82564	-4.158618008	-2.64709803
3.39087	-8.77187	-5.72183	-4.049388733	-2.43592784
3.42086	-8.35024	-5.48435	-3.818070368	-2.26663064
3.45085	-8.21501	-5.34955	-3.600233671	-2.05388403
3.48084	-7.95455	-5.16007	-3.32108227	-1.88148141
3.51083	-7.44722	-4.84055	-3.110192416	-1.71715085
3.54082	-6.90503	-4.55376	-2.874106953	-1.62657802

3.57081	-6.37474	-4.22408	-2.667905266	-1.54613904
3.6008	-5.93579	-3.96781	-2.450482963	-1.47650093
3.63079	-5.48392	-3.62686	-2.253606406	-1.44249923
3.66078	-5.11259	-3.38397	-2.135859234	-1.37451826
3.69077	-4.74245	-3.14593	-2.053874801	-1.34339802
3.72076	-4.42835	-2.97961	-1.988104079	-1.38597747
3.75075	-4.14933	-2.7807	-1.918214781	-1.37908873
3.78074	-3.85487	-2.61138	-1.855934644	-1.40742118
3.81073	-3.62367	-2.50226	-1.840790489	-1.43352386
3.84072	-3.44589	-2.42052	-1.856436431	-1.44900969
3.87071	-3.32739	-2.37037	-1.826658323	-1.47984988
3.9007	-3.25886	-2.34842	-1.865098587	-1.56374827
3.93069	-3.20694	-2.38593	-1.882264675	-1.59441122
3.96068	-3.17308	-2.35003	-1.919832707	-1.67743661
3.99067	-3.17859	-2.36023	-2.033609673	-1.73658426
4.02066	-3.15857	-2.35767	-2.078947224	-1.86984332
4.05065	-3.13645	-2.38289	-2.219135372	-1.97733806
4.08064	-3.1906	-2.49488	-2.312015132	-2.1679598
4.11063	-3.22739	-2.55877	-2.470212279	-2.27546297
4.14062	-3.35712	-2.71988	-2.603966527	-2.42821041
4.17061	-3.4435	-2.83929	-2.807045089	-2.57882638
4.2006	-3.62278	-2.99295	-2.949877308	-2.63902921
4.23059	-3.78323	-3.12564	-3.177405587	-2.74484141
4.26058	-4.03589	-3.31222	-3.446956141	-2.78689885
4.29057	-4.24526	-3.51131	-3.542375736	-2.87081671
4.32056	-4.46899	-3.78153	-3.759052531	-2.87409859
4.35055	-4.85362	-4.16637	-3.84614395	-2.95441812
4.38054	-5.00365	-4.31452	-3.976996118	-2.9630063
4.41053	-5.27588	-4.60198	-4.006156432	-3.02026304
4.44052	-5.53915	-4.75484	-4.137382398	-3.09001145
4.47051	-5.86452	-4.9399	-4.16376828	-3.10717608
4.5005	-6.16612	-5.02607	-4.300887576	-3.20188039
4.53049	-6.52996	-5.23823	-4.411510955	-3.2549054
4.56048	-6.76168	-5.33637	-4.415358581	-3.40911185
4.59047	-7.06249	-5.57371	-4.528421688	-3.42843317
4.62046	-7.34229	-5.75736	-4.52569278	-3.58839984
4.65045	-7.54333	-5.80924	-4.622615985	-3.60338947
4.68044	-8.00786	-5.99619	-4.614793917	-3.7061274
4.71043	-8.31062	-6.03442	-4.752045177	-3.646462
4.74042	-8.63463	-6.12532	-4.692983342	-3.65378785
4.77041	-8.69352	-6.12078	-4.771291605	-3.59234987

4.8004	-8.98014	-6.27138	-4.617160085	-3.45501026
4.83039	-8.81883	-6.17249	-4.534854249	-3.35475989
4.86038	-8.90999	-6.24755	-4.398139898	-3.23970493
4.89037	-8.60866	-6.03795	-4.234368991	-3.0472841
4.92036	-8.44801	-5.88013	-4.07636521	-2.88912499
4.95035	-8.16199	-5.64573	-3.926803744	-2.77122516
4.98034	-7.85063	-5.42557	-3.639612635	-2.62504823
5.01033	-7.48294	-5.14735	-3.447222028	-2.57072217
5.04032	-7.16756	-4.96126	-3.276419352	-2.54971875
5.07031	-6.74704	-4.64078	-3.118803184	-2.53803579
5.1003	-6.33771	-4.36766	-3.039902934	-2.58731428
5.13029	-6.01469	-4.16108	-2.976000591	-2.68619721
5.16028	-5.74164	-3.97817	-2.9159111	-2.7809999
5.19027	-5.58832	-3.84787	-2.910767125	-2.88737105
5.22026	-5.45013	-3.73684	-2.934424171	-2.96682433
5.25025	-5.29934	-3.62331	-2.970028908	-3.04643889
5.28024	-5.22068	-3.57126	-3.05815654	-3.10907374
5.31023	-5.13322	-3.55346	-3.151332502	-3.11075682
5.34022	-5.05946	-3.54585	-3.234117089	-3.15847984
5.37021	-5.09856	-3.60231	-3.216156832	-3.10658548
5.4002	-5.14284	-3.68188	-3.254962902	-3.12428781
5.43019	-5.16317	-3.70377	-3.222629245	-3.04621039
5.46018	-5.12767	-3.73153	-3.169984549	-3.07955979
5.49017	-5.11333	-3.7192	-3.145965225	-3.01904445
5.52016	-5.02515	-3.66312	-3.067506284	-3.09001424
5.55015	-4.96396	-3.63528	-3.026674697	-3.14772603
5.58014	-4.88971	-3.58946	-2.938378745	-3.24418122
5.61013	-4.77191	-3.47636	-2.937332244	-3.35221123
5.64012	-4.6551	-3.4092	-2.953863279	-3.49747513
5.67011	-4.4652	-3.28881	-2.960363435	-3.67177746
5.7001	-4.39066	-3.2536	-3.00865572	-3.83512101
5.73009	-4.2937	-3.20241	-3.06384667	-4.11106568
5.76008	-4.2252	-3.20333	-3.114297907	-4.3124739
5.79007	-4.19119	-3.20725	-3.182831719	-4.47349194
5.82006	-4.13224	-3.21171	-3.337974217	-4.71359298
5.85005	-4.10205	-3.2233	-3.447144685	-4.10290778
5.88004	-4.10291	-3.25458	-3.561879753	-4.18138912
5.91003	-4.18139	-3.38582	-3.6662443	-4.22567068
5.94002	-4.22567	-3.41738	-3.7662443	-4.77191122
5.97001	-4.26302	-3.48502	-3.786243496	-4.6551021
6	-4.35366	-3.59039	-3.834562443	-4.46520086

LAMPIRAN B: Foto Fabrikasi Antenna



DAFTAR PUSTAKA

- Atika, D. (2012), *Komodifikasi Twitter*, Internet News Group Comp. Compression.
- Behdad, N., M. Li, and Y. Yusuf (2013). "A Very Low Profile, Omni-Directional, Ultra-Wideband Antenna". *IEE antennas and Wireless Propagation Letters PP(99):1*.doi:10.1109/LAWP.2012.2233706.
- Bualkar Abdullah, Yono Hadi Pramono, and Eddy Yahya. 2012. " Analysis and Characterization impedanzce of Microstrip Slot antenna 3 array Double Bowtie with CPW for 2.4 Ghz Communication. " *international journal of academic research (4 july)*.
- Chang, K. (2000), *RF and Microwave Wireless Systems*, John Wiley & Sons, Inc.
- Deepak, C. karia (2014). " Wideband Printed Dipole Antenna with Embedded Loops and Coupling Patches for Digital TV Signal Reception. 978-1-4799-3080-7114/\$31.00 ©2014 IEEE
- Edwards, T. (1995), *Foundations For Microstrip Circuit Design*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Elsadek, H. (2005), *Microstrip Antennas for Mobile Wireless Communication Systems*, Electronics Research Institute, Microstrip Department Cairo, Egypt
- Hund, E. (1989), *Microwave Communications. Component and Circuits*, McGraw-Hill, New York.
- Jammaludin (2005) . Microstrip Dipole Antenna for WLAN Aplication., *IEEE 1-4244-0011-2*
- Khrisna. (2013). Design of ultra wideband trapezoidal shape slot antenna with circular polarization. *International Journal of Electronics and Communications*
- Kraus, J.D. (1984), *Electromagnetics*, 3rd edition, McGraw-Hill, New York.
- Mufadliyah. (2007), "Fabrikasi Antena Folded Dipole Dengan Reflektor Parabola Untuk Frekuensi 2,4 GHz", Magister Tesis Program Pasca

- Sarjana Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Rahayu, E.M, Pramono, Y.H., dan Rohedi, A.Y. (2009), “Fabrikasi dan Karakterisasi Antena mikrostrip Loop Co-Planar Waveguide dua Lapis Substrat untuk Komunikasi C-Band dan Ku-Band”, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol.5, No.2.
- Rhased.,(2013).“*International Journal of Electronics and Communications.*” © 2013 Elsevier GmbH. All rights reserved.
- Sullivan M.Dennis. (2000) “*Electromagnetic Simulation Using the FDTD Method*”, IEEE Press Series on RF and Microwave Technology. New York
- Tawk, Y., Albrecht, A.R., Hemmady, S., Balakrishnan, G., and Christodoulou, C.G. (2010). “Optically pumped reconfigurable Antenna Systems”, *Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI) IEEE*, 2010, pp.1-4
- Tawk, Y., Bkassiny, M., El-Howayek, G., Jayaweera, S.K., Avery, K., and Christodoulou, C.G. (2011). “Reconfigurable Front-end Antennas for Cognitive Radio Applications”, *IET Microwaves, Antennas and Propagation*, Vol. 5, Iss. 8, pp. 985-992
- Wang, X., Kim, K., dan Kim, Y. (2009), “Variation of Transient-Response in Open-ended Microstrip Lines with optically-controlled Microwave Pulses”, *Transactions on Electrical and Electronic materials*, Vol.10
- Weng Xing. (2002). Design of wideband dual-band dual-polarized dipole for base station antenna. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*
- Yang, s., and M.Ng Mou Kehn. (2013) “Abisected miniaturized ZOR antenna with increased bandwith and radiation Eficiency.” *IEE antennas and wireless probagation letters pp (99) 1. Doi.10.1109/LA WP.2013.2243696.*

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Tulungagung 27 Juli 1989 lahir dari keluarga yang sederhana. Bersekolah di TK PGRI Pulerejo II, SDN Pulerejo II, SMPN I Ngantru dan SMAN I Kedungwaru Tulungagung. Selama menjalani Kuliah penulis juga aktif dalam organisasi mahasiswa, pernah menjabat sebagai ketua UKM Catur ITS pada Periode 2010-2011.

Di jurusan Fisika ITS, penulis mengambil bidang minat Fisika Optoelectronika dan mengambil topik tugas akhir tentang simulasi dan fabrikasi antenna. Apabila ada saran atau pertanyaan mengenai tesis ini dapat menghubungi penulis lewat email rudziwib@gmail.com